

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-263714

(43)Date of publication of application : 19.09.2003

(51)Int.Cl. G11B 5/66
G11B 5/64
G11B 5/738

(21)Application number : 2002-060942

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 06.03.2002

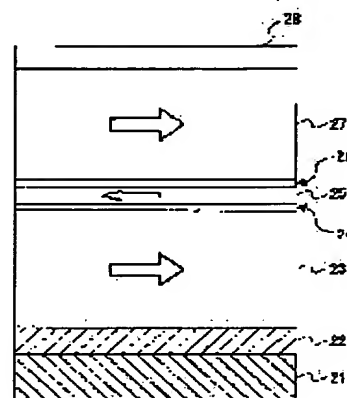
(72)Inventor : OKAMOTO IWAO

(54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC STORAGE DEVICE**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve heat stability without deteriorating resolution or NLTS regarding a magnetic recording medium and a magnetic storage device.

SOLUTION: The magnetic recording medium is provided with a first magnetic layer having saturation magnetization M_s1 and a film thickness $t1$, a first nonmagnetic layer disposed on the first magnetic layer, a second magnetic layer having saturation magnetization M_s2 and a film thickness $t2$ and disposed on the first nonmagnetic layer, a second nonmagnetic layer disposed on the second magnetic layer, and a third magnetic layer having saturation magnetization M_s3 and a film thickness $t3$ and disposed on the second nonmagnetic layer. The magnetizations of the first, second and third magnetic layers are alternately connected in anti-parallel in the state of no external magnetic field application, and the relation of $M_s2 \times t2 < (M_s1 \times t1 + M_s3 \times t3)$ is established.

本発明による磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 24.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.02.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2006-06026

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 30.03.2006

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003－263714
(P2003－263714A)

(43) 公開日 平成15年 9 月19日 (2003. 9. 19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 1 1 B	5/66	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/64		
	5/738		

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2002－60942(P2002－60942)	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号
(22) 出願日	平成14年 3 月 6 日 (2002. 3. 6)	(72) 発明者	岡本 歳 山形県東根市大字東根元東根字大森5400番 地 2 (番地なし) 株式会社山形富士通内
		(74) 代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦 Fターム (参考) 5D006 B807 B808

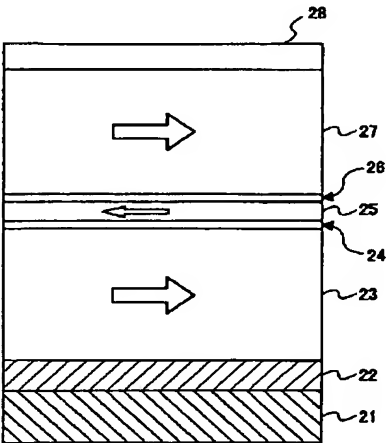
(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及び磁気記憶装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は磁気記録媒体及び磁気記憶装置に関し、分解能やN L T Sを劣化させることなく熱安定性の改善を行なうことが可能とすることを目的とする。

【解決手段】 飽和磁化M s 1 及び膜厚 t 1 を有する第1の磁性層と、第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、第1の非磁性層上に設けられ飽和磁化M s 2 及び膜厚 t 2 を有する第2の磁性層と、第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、第2の非磁性層上に設けられ飽和磁化M s 3 及び膜厚 t 3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $M s 2 \times t 2 < (M s 1 \times t 1 + M s 3 \times t 3)$ なる関係が成立するように構成する。

本発明になる磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 飽和磁化 M_s1 及び膜厚 t_1 を有する第1の磁性層と、

該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、

該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 t_2 を有する第2の磁性層と、

該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、

該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 t_3 を有する第3の磁性層とを備え、

外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $M_s2 \times t_2 < (M_s1 \times t_1 + M_s3 \times t_3)$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録媒体。

【請求項2】 飽和磁化 M_s1 及び膜厚 t_1 を有する第1の磁性層と、

該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、

該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 t_2 を有する第2の磁性層と、

該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、

該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 t_3 を有する第3の磁性層とを備え、

外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $|M_s1 \times t_1 - M_s3 \times t_3| / (M_s1 \times t_1 + M_s3 \times t_3) / 2 < 0.3$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録媒体。

【請求項3】 保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、

該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、

該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、

該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、

該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、

外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $H_c2 < H_c1$ 、且つ、 $H_c2 < H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録媒体。

【請求項4】 保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、

該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、

該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、

該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、

該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、

外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、

$|H_c1 - H_c3| / (H_c1 + H_c3) / 2 < 0.3$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録媒体。

【請求項5】 前記第2の磁性層が、非磁性層により分断された複数、且つ、奇数の磁性層からなり、該第2の

磁性層を構成する各磁性層の磁化は交互に反平行に結合していることを特徴とする、請求項1～4のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 前記第1の磁性層の保磁力を H_c1 、前記第3の磁性層の保磁力を H_c3 、前記第2の磁性層が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2}| > H_c1$ 、且つ、 $|H_{ex2}| > H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする、請求項1～5のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 前記第1の磁性層の保磁力を H_c1 、前記第2の磁性層の保磁力を H_c2 、前記第3の磁性層の保磁力を H_c3 、前記第2の磁性層が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2} - H_c2| > H_c1$ 、且つ、 $|H_{ex2} - H_c2| > H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする、請求項1～5のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 前記第1の磁性層の動的保磁力を H_c1' 、前記第3の磁性層の動的保磁力を H_c3' 、前記第2の磁性層が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2}| > H_c1'$ 、且つ、 $|H_{ex2}| > H_c3'$ なる関係が成立し、動的保磁力とは、前記磁気記録媒体に対して情報を書き込むヘッドの書き込み周波数における交流磁界を印加した場合に観察される保磁力を示すことを特徴とする、請求項1～5のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項9】 前記第1の磁性層の動的保磁力を H_c1' 、前記第2の磁性層の動的保磁力を H_c2' 、前記第3の磁性層の動的保磁力を H_c3' 、前記第2の磁性層が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2} - H_c2'| > H_c1'$ 、且つ、 $|H_{ex2} - H_c2'| > H_c3'$ なる関係が成立し、動的保磁力とは、前記磁気記録媒体に対して情報を書き込むヘッドの書き込み周波数における交流磁界を印加した場合に観察される保磁力を示すことを特徴とする、請求項1～5のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 1又は複数の、請求項1～9のいずれか1項記載の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備えたことを特徴とする、磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録媒体及び磁気記憶装置に係り、特に高密度記録に適した磁気記録媒体及び磁気記憶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置等の磁気記憶装置で用いられる水平磁気記録媒体の記録密度は、媒体ノイズの低減及び磁気抵抗効果型ヘッドやスピナルブヘッド等の開発により著しく増大した。媒体技術に関して言え

ば、媒体ノイズの低減のためには、微細磁性粒子の集合体である磁気記録媒体の粒子の更なる微細化や粒子間に残存する磁気的結合力の低減が必須である。

【0003】このような技術によって、記録媒体の粒子が磁気的に孤立化するに従って、記録状態が時間経過と共に乱される熱ゆらぎ現象が近年問題となっている。熱ゆらぎ現象は、微細粒子の中に軸的な磁化容易軸に本来固着されているべき磁化方向が、熱によって乱され、時に容易軸から外れることによって生じる。

【0004】熱ゆらぎ現象を低減するためには、磁化容易軸に沿って、磁化を固着するエネルギー（異方性エネルギー）を増大させるか、或いは、体積エネルギーの増大のために粒子を肥大化させる必要がある。しかしながら、異方性エネルギーを増大すると、磁化を反転しにくくなり、異方性エネルギーの増大の上限は、主にヘッドの発生磁界によって制約を受ける。一方、粒子の体積を増大させる方法は、媒体ノイズの増大につながるので望ましくない。

【0005】近年、熱ゆらぎ問題を回避するために、新しい媒体技術が特開2001-56924号公報等にて提案されている。この提案されている媒体技術では、2つの磁性膜をRu等の非磁性薄層で分断し、分断された磁性層間を交換結合力で反結合させる。図1は、この提案されている媒体技術で採用した磁気記録媒体の構造を示す図である。同図中、Ru等からなる交換結合層12で分断された磁性層11と磁性層13は、交換結合力によって反平行の磁化結合を取る。磁性層11、13の磁化量、即ち、飽和磁化と膜厚との積を、アンバランスにすることによって、リードヘッドは磁性層13と磁性層11の差分の磁化量を記録磁化として検出する。差分の磁化量は、等価的に記録層として機能する磁性層13の膜厚を薄くすることになるので、線記録密度を増大させることができる。尚、同図中、10は、基板上に下地層が設けられた積層構造を示す。

【0006】尚、図1では、概念的に磁性粒15をも示している。同図に示すように、一個の磁性粒15中では、交換結合層12を介し、交換結合層12の上方及び下方で磁化が反結合している。上述の如く、リードヘッドから見た場合、磁気記録媒体からの漏洩磁界量は、磁性層11と磁性層13の相殺効果によって、実効膜厚 t_e 分しか検知されない。しかしながら、磁性粒15の体積は実際の膜厚 t_a 分の V_1 で定義されるため、実効的には記録層が薄い磁気記録媒体であるにもかかわらず、記録層の体積を増大できるため、熱ゆらぎ耐性の高い磁気記録媒体を実現できる。

【0007】上記の如き交換結合を用いることで、熱耐性の高い磁気記録媒体が実現でき、従来は超常磁性減少によって40Gb/in²程度の記録密度が限界であるとされていた水平磁気記録の記録密度が、100Gb/in²程度まで増大可能であることが実証されている。

【0008】しかしながら、交換結合を用いる磁気記録媒体においては、実効膜厚 t_e から予測されるよりも分解能が低下したり、ノンリニアビットシフトが大きくなったりすることが本発明者により確認された。以下に、図2及び図3を用いて、交換結合を用いる磁気記録媒体で発生する上記問題について説明する。

【0009】図2は、図1に示す磁気記録媒体におけるヒステリシスループを示す図である。図2中、縦軸は磁化を任意単位で示し、横軸は保磁力を任意単位で示す。又、ループに併置して、磁性層11、13の磁化方向を示す。このループは、振動試料型磁力計等の、磁界の変化に数十分を有する測定装置を用いて得られたものである。図2からも分かるように、残留磁化状態である状態ST1又は状態ST2においては、磁化は反結合している。

【0010】図3及び図4は、図1に示す磁気記録媒体にビットが記録される状況を概念的に説明する図である。図2に示すヒステリシスループを有する磁気記録媒体では、磁性層11に磁気異方性を有する材料を採用することによって、磁気記録媒体全体の熱安定性のパラメータとなる $K_u V / k T$ 値を高め、より高い熱安定性を得ることができる。ここで、 K_u は磁気異方性の定数、 V は磁性粒子の平均体積、 k はボルツマン定数、 T は温度を示す。 $K_u V / k T$ は、熱安定性係数とも呼ばれる。

【0011】一般に、磁気記録媒体の保磁力 H_c が高速の交流磁界によって増大することは良く知られている。このように増大する保磁力 H_c は、動的保磁力 $H_{c'}$ （或いはダイナミック H_c ）と呼ばれ、面内磁気記録媒体のオーバーライト特性を特徴付けるものである。このような現象は、物理的に磁性層11においても発生するであろうことは容易に類推できる。

【0012】図3及び図4は、ライトヘッドの書き込みによって生じた磁化の状態を示す。図3(a)は、磁性層11の動的保磁力 $H_{c'}$ がライトヘッドの書き込み過程における時間域でもあまり大きくならない場合を示し、 α で示す磁性層11の反転過程は、負磁界領域にある。他方、図4(a)は、磁性層11の動的保磁力 $H_{c'}$ がライトヘッドの書き込み過程における時間域で大きくなる場合を示す。つまり、図4(a)の場合には、十分に時間をかけて、磁界を変化させたときに得られるヒステリシスループが図2のようなヒステリシスループを示していても、磁性層11の動的保磁力 $H_{c'}$ がライトヘッドの書き込み過程における時間域で増大する場合には、 β で示すように磁性層11の反転過程が正磁界領域まで侵入することがある。図3(a)及び図4(a)中、縦軸は磁化を任意単位で示し、横軸は磁界を任意単位で示す。

【0013】図3(a)の場合、即ち、磁性層11の動的保磁力 $H_{c'}$ の時間依存性があまり大きくなく、高速

の磁界変化においてもL1の磁化反転過程が負磁界領域に留まっている場合の磁化遷移領域の形成状況を図3

(b)に示す。図3(b)中、ライトヘッドのトレーリングエッジ19は、同図中左から右へと移動するものとする。図3(b)に示す状態で、ライトヘッドのトレーリングエッジ19よりも右側の領域が、ライトギャップの下方の位置に対応する。図3(b)に示す状態において、ヘッド磁界をこの瞬間に反転させることで、磁性層13に遷移領域が書き込まれる。図3(b)中に示す点線は、ヘッドからの磁界を概念的に示したものであり、矢印はヘッド磁界が反転した後の磁界の方向を表す。磁性層13において、遷移領域より右側の領域では、図3(a)に示すループ上でBの磁界領域にあり、磁化は右方向に記録されている。一方、磁性層11においては、ヘッドから発生する磁界はギャップよりも左側の領域では、図3(a)に示すループ上でAの磁界領域にあり、磁性層11は図3(b)に示すようにギャップよりも左側の領域で、磁化が右方向に記録されている。このように、図3(b)からも明らかなように、この磁気記録媒体の場合、トレーリングエッジ19の近傍においては、磁性層13のみに遷移領域が形成される。

【0014】他方、磁性層11の動的保磁力 H_c' の時間依存性が大きい場合には、高速の磁界変化において、磁気記録媒体のヒステリシスループは図4(a)中、実線で示すようになる。この磁気記録媒体の磁化遷移領域の形成状況を図4(b)に示す。ライトヘッドは、図3(b)で用いたのと同じものを使用するものとする。図4(b)中、ライトヘッドのトレーリングエッジ19は、同図中左から右へと移動するものとする。図4

(b)に示す状態で、ライトヘッドのトレーリングエッジ19よりも右側の領域が、ライトギャップの下方の位置に対応する。図4(b)に示す状態において、ヘッド磁界をこの瞬間に反転させることで、磁性層13に遷移領域①が書き込まれる。図4(b)中に示す点線は、ヘッドからの磁界を概念的に示したものであり、矢印はヘッド磁界が反転した後の磁界の方向を表す。磁性層13において、遷移領域①より右側の領域では、図4(a)に示すループ上でCの磁界領域にあり、磁化は右方向に記録されている。一方、磁性層11においては、遷移領域①よりも左側の領域では、ヘッドの磁界範囲としては、BからAの領域にあり、磁性層は左方向に磁化されたままとなっている。一方、図4(a)に示すヒステリシスループを示す磁気記録媒体において、磁性層11の動的保磁力 H_c' は時間依存性を有し、時期記憶装置における高速書き込み時間領域において、磁性層11の動的保磁力 H_c' が増大する。これに伴って、長い時間をかけて振動試料方磁力計等で計測したときに観察される磁性層11の磁化反転が図4(a)中、 α' の位置から高速書き込み時に β の位置に移動する。このため、磁性層11の磁化は、図3(a)に示すヒステリシスループ

を示す磁気記録媒体に比べて複雑となる。

【0015】即ち、トレーリングエッジ19から左側に遠ざかるにつれて、図4(b)中に点線矢印で示すヘッド磁界が弱まる。この磁界が図4(a)中 β で示す磁界となったところで、磁化遷移領域②が磁性層11中に形成される。更に左側に遠ざかるにつれて、ヘッド磁界が弱まると共に、トレーリングエッジ19よりも左側の領域では、点線矢印の磁界と反対方向の磁界を経験しているため、図4(a)中 α' で示す磁性層11の反転によって、ある程度の広がりを持った磁化遷移領域③が形成される。

【0016】磁性層11においては、遷移領域①の真下から遷移領域②にかけての範囲では、図4(a)中Bの範囲でヘッド磁界が作用している。又、磁性層11においては、遷移領域②から遷移領域③にかけての範囲では、図4(a)中Aの範囲でヘッド磁界が作用している。遷移領域①、②、③の位置関係は、磁気記録媒体の磁気特性、磁気ディスクドライブ等の磁気記憶装置のデータ転送速度、ヘッドの発生磁界強度によって様々に変化するが、おおよそのところでは、 40Gb/in^2 あたりの記録を行なった場合、磁化遷移領域①と磁化遷移領域②の間隔は 20nm 程度と、 40Gb/in^2 記録における最短ビット間隔(約 40nm)よりも狭まっているのに対して、磁化遷移領域①と磁化遷移領域③の間隔は 300nm であり、磁化遷移領域②と磁化遷移領域③は最短ビット間隔の 40nm に比較して遠く離れている。

【0017】ここまでの議論で明らかなように、図3(a)に示すヒステリシスループを有する磁気記録媒体では、図3(b)に示すようにトレーリングエッジ19の近傍では、磁性層11に磁化遷移領域が形成されないのに対して、図4(a)に示すヒステリシスループを有する磁気記録媒体では、図4(b)に示すようにトレーリングエッジ19の近傍で磁性層11に磁化遷移領域が形成される。

【0018】磁気記録媒体に2番目のビットを記録する場合に、先行して記録されたビットから発生する磁界によってヘッドの書き込み磁界が強まり、2番目のビットが本来記録されるべき位置よりも最初に記録したビットに近寄って記録される現象が発生し、これをNLT S (Non-Linear Transition Shift: 非線形トランジションシフト)と呼んでいる。NLT Sが大きいと、分解能の低下が発生し、高密度記録能力が低下する。図3(a), (b)に示す磁気記録媒体に対して、図4(a), (b)に示す磁気記録媒体では、磁化遷移領域②が余計に形成されるため、NLT Sが劣化する。尚、磁化遷移領域③は、磁化遷移領域②から遠く離れているので、NLT Sには殆ど影響を与えない。

【0019】本発明者が図3(a)に示すタイプの磁気

記録媒体と図4(a)に示すタイプの磁気記録媒体を検証したところ、図4(a)に示すタイプの磁気記録媒体では分解能が3~5%程度劣化し、NLTSが30%程度劣化することが確認された。しかしながら、磁性層11に磁気異方性の大きい材料を使用した図4(a)に示すタイプの磁気記録媒体では、図3(a)に示すタイプの磁気記録媒体に比べて優れた耐熱ゆらぎ性を示すことも確認された。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】上記の如く、図1に示すような交換結合を採用する磁気記録媒体では、磁性層11の動的保磁力 H_c' の振舞いによっては、優れた熱安定性が得られる反面、分解能やNLTSが劣化してしまうという問題点があった。

【0021】そこで、本発明は、分解能やNLTSを劣化させることなく熱安定性の改善を行なうことが可能な、交換結合を採用する磁気記録媒体及び磁気記憶装置を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】上記の課題は、飽和磁化 M_s1 及び膜厚 t_1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 t_2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 t_3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $M_s2 \times t_2 < (M_s1 \times t_1 + M_s3 \times t_3)$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録媒体によって達成できる。

【0023】上記の課題は、飽和磁化 M_s1 及び膜厚 t_1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 t_2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 t_3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $|M_s1 \times t_1 - M_s3 \times t_3| / (M_s1 \times t_1 + M_s3 \times t_3) / 2 < 0.3$ なる関係が成立することを特徴とする磁気記録媒体によっても達成できる。

【0024】上記の課題は、保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁

性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $H_c2 < H_c1$ 、且つ、 $H_c2 < H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする磁気記録媒体によっても達成できる。

【0025】上記の課題は、保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $|H_c1 - H_c3| / (H_c1 + H_c3) / 2 < 0.3$ なる関係が成立することを特徴とする磁気記録媒体によっても達成できる。

【0026】上記の課題は、1又は複数の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備え、該磁気記録媒体は、飽和磁化 M_s1 及び膜厚 t_1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 t_2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 t_3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $M_s2 \times t_2 < (M_s1 \times t_1 + M_s3 \times t_3)$ なる関係が成立することを特徴とする磁気記憶装置によっても達成できる。

【0027】上記の課題は、1又は複数の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備え、該磁気記録媒体は、飽和磁化 M_s1 及び膜厚 t_1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 t_2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 t_3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $|M_s1 \times t_1 - M_s3 \times t_3| / (M_s1 \times t_1 + M_s3 \times t_3) / 2 < 0.3$ なる関係が成立することを特徴とする磁気記憶装置によっても達成できる。

【0028】上記の課題は、1又は複数の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備え、該磁気記録媒体は、保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、

該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $H_c2 < H_c1$ 、且つ、 $H_c2 < H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする磁気記憶装置によっても達成できる。

【0029】上記の課題は、1又は複数の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備え、該磁気記録媒体は、保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $|H_c1 - H_c3| / (H_c1 + H_c3) / 2 < 0.3$ なる関係が成立することを特徴とする磁気記憶装置によっても達成できる。

【0030】従って、本発明によれば、分解能やNLTSを劣化させることなく熱安定性の改善を行なうことが可能な、交換結合を採用する磁気記録媒体及び磁気記憶装置を実現することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下に、本発明になる磁気記録媒体及び本発明になる磁気記憶装置の各実施例を、図5以降と共に説明する。

【0032】

【実施例】図5は、本発明になる磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図である。同図に示すように、磁気記録媒体は、例えばガラスやAl等の代表的なハードディスク媒体用の基板21上に、Cr等のhcp構造からなる磁性層のc軸を面内に配向させるための下地層22を介して、第1の磁性層23、第2の磁性層25及び第3の磁性層27が形成されている。下地層22は、例えばアモルファスシド層上に、BCC構造を有すると共に基板面に(002)面が平行に配向しているCrMo合金等からなる下地層が形成された多層膜で構成されていても良い。第1、第2及び第3の磁性層23、25、27は、Co、Ni、Fe、Ni合金、Fe合金及びCoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-Mを含むCo合金からなるグループから選択された材料からなり、M=B、Mo、Nb、Ta、W、Cu、C又はこれらの合金である。第1の磁性層23及び第3の磁性層27の磁化容易軸は、基板21と平行な面内にある。

【0033】第1の磁性層23と第2の磁性層25の間及び第2の磁性層25と第3の磁性層27の間には、各磁性層を反結合させるための第1及び第2の非磁性層24、26が夫々形成されている。第1及び第2の非磁性層24、26は、Ru、Rh、Ir、Ru合金、Rh合

金及びIr合金からなるグループから選択された材料からなり、膜厚は0.4nm~2.0nm程度であるが、通常はRuを用いるのが好ましい。第1及び第2の非磁性層24、26を構成するRuの膜厚を0.8nm程度に選定すると、図6に示す如きヒステリシスループが得られる。

【0034】第3の磁性層27の上には、保護層28が形成されている。保護層28は、例えばCからなる膜上に、潤滑膜が形成された多層膜で構成されていても良い。

【0035】以下の説明では、第1、第2及び第3の磁性層23、25、27の膜厚を夫々 $t1$ 、 $t2$ 、 $t3$ とし、飽和磁化を夫々 $Ms1$ 、 $Ms2$ 、 $Ms3$ とし、保磁力を夫々 H_c1 、 H_c2 、 H_c3 とする。第1及び第2の磁性層23、25の間、及び効果的に本実施例の磁気記録媒体を機能させるためには、次の条件を満足することが好ましい。

$$Ms1 \times t1 + Ms3 \times t3 > Ms2 \times t2$$

$Ms1 \times t1$ と $Ms3 \times t3$ は、必ずしも同じ値である必要はないが、近い値にすれば、保磁力 H_c1 と保磁力 H_c3 の値も近くなり、図6に示すようなヒステリシスの H_c で示す付近の傾きが急峻となり、高密度記録に適した磁気記録媒体となることがわかる。図6は、本実施例の磁気記録媒体におけるヒステリシスループを示す図である。同図中、縦軸は磁化を任意単位で示し、横軸は保磁力を任意単位で示す。

【0036】又、図6では見えないが、保磁力 H_c2 がある程度大きな材料を第2の磁性層25に用いることにより、A及びBの付近にループの開きが発生することがある。図7は、この状況を概念的に示す図である。図7に示すループの開きは、本実施例の磁気記録媒体において、次に述べる使用前提のもとに磁気記録を行えば、信号体雑音比(SNR)やNLTS等の各種磁気記録特性を大きく変えるものではない。図7中、縦軸は磁化を任意単位で示し、横軸は保磁力を任意単位で示す。

【0037】次に、図7を用いて、本実施例の磁気記録媒体の基本的な使い方について説明する。同図において、実線のヒステリシスループは、振動試料型磁力計等で長時間かけて磁界を変化させたときに求められるヒステリシスループである。一方、同図中の破線は、ライトヘッドにおける高速書き込みの場合に観察されるヒステリシスループである。同図に示す $H\alpha$ と $H\beta$ の間にライトヘッド磁界の最大値が来るような使い方をする。このとき、第1~第3の磁性層23~27までの磁化反転は、常に隣り同士の磁性層23、25及び磁性層25、27が反平行を保った状態で反転をする。

【0038】更に、第1及び第3の磁性層23、27の保磁力 H_c1 、 H_c3 は、 $|H_c1 - H_c3| / (H_c1 + H_c3) / 2 < 0.3$ を満足するような範囲に選定することが望ましい。保磁力 H_c1 、 H_c3 がこの範囲を超

えた場合、図7の中程のヒステリシスループから定義される保磁力角型比が0.65を下回り、記録分解能を十分に伸ばすことができない。

【0039】又、第1の磁性層23の飽和磁化と膜厚の積 $M_s1 \times t1$ と、第3の磁性層27の飽和磁化と膜厚の積 $M_s3 \times t3$ は、 $|M_s1 \times t1 - M_s3 \times t3| / (M_s1 \times t1 + M_s3 \times t3) / 2 < 0.3$ を満足するような範囲に選定することが、図7の中程のヒステリシスループから定義される角型比を0.60以上に保つための条件となり、第1の磁性層23と、第3の磁性層27の夫々が略均等にヘッド出力に寄与するため、記録分解能の改善を行う上で留意されるべき条件である。

【0040】更に、 $t2 < t1$ 、且つ、 $t2 < t3$ なる関係が成立することが好ましい。第2の磁性層25が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2}| > H_{c1}$ 、且つ、 $|H_{ex2}| > H_{c3}$ なる関係及び／又は $|H_{ex2} - H_{c2}| > H_{c1}$ 、且つ、 $|H_{ex2} - H_{c2}| > H_{c3}$ なる関係が成立することが好ましい。

【0041】動的保磁力が、磁気記録媒体に対して情報を書き込むヘッドの書き込み周波数における交流磁界を印加した場合に観察される保磁力を示すものとする、第1の磁性層23の動的保磁力を H_{c1}' 、第3の磁性層27の動的保磁力を H_{c3}' 、第2の磁性層25が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2}| > H_{c1}'$ 、且つ、 $|H_{ex2}| > H_{c3}'$ なる関係及び／又は $|H_{ex2} - H_{c2}'| > H_{c1}'$ 、且つ、 $|H_{ex2} - H_{c2}'| > H_{c3}'$ なる関係が成立することが好ましい。

【0042】これにより、本実施例の磁気記録媒体では、リードヘッドから見たときの磁気記録媒体の記録層の実効膜厚は、第2の磁性層25の磁化が第1及び第3の磁性層23、27に対して反対を向いていることにより相殺された値となるために、上記の如く瞬間的に磁気記録媒体の記録状態が平行結合となるようなことがなく、NLTSや分解能が改善される。

【0043】又、第1及び第3の磁性層23、27が上下に分断されているために、単位面積あたりの磁性粒子が2倍となり、原理的には媒体ノイズを $1/\sqrt{2}$ に低減できる。これは、SNRで言えば、約3dBの大きな改善である。

【0044】図2に示すヒステリシスループを有する磁気記録媒体の場合、図4と共に説明した状態を避けるために、図1に示す磁性層11に十分に大きな異方性を有する材料を用いることはできなかった。図1に示すような磁気記録媒体においては、磁性層11は薄いので、単体での磁気異方性の評価は難しいが、磁性層11の膜厚が5nm程度では同じ材料が10nm程度ある場合に比べて、異方性エネルギーは半分程度になっていると推測される。

【0045】これに対して、図7に示すヒステリシス

ループを有する本実施例の磁気記録媒体では、第1及び第3の磁性層23、27の膜厚を例えば10nm程度と同じように厚くできるため、第1の磁性層23においても十分な磁気異方性エネルギーを発現でき、効果的に耐熱ゆらぎ性を増大できる。

【0046】又、第2の磁性層25には、第1の磁性層23からと第3の磁性層27からの交換結合磁界が和として働き、その交換結合磁界を図7においては H_{ex} で示している。第2の磁性層25は反結合層であるため、第1及び第3の磁性層23、27に比べて膜厚が薄く、交換結合磁界を上げるためにCo濃度の高い合金を用いている。この交換結合磁界は、容易に5000Oe以上にすることができる。第2の磁性層25のCo濃度を高めると、第2の磁性層25の飽和磁化 M_s2 が増加するため、第1及び第2の磁性層23、27の磁化を大きく打ち消さないように、第2の磁性層25の膜厚はある程度薄くする必要がある。第2の磁性層25の膜厚は、約1nm～3nmの範囲で選定されることが好ましい。このように、第2の磁性層25の膜厚は十分に薄いことと、第2の磁性層25を貫く遷移幅を主にきめるのは上記交換結合磁界 H_{ex} であるため、第2の磁性層25にはCo単体のような材料を用いても、これにより遷移幅が広がることはなく、高い記録密度を実現できる。

【0047】次に、上記実施例の磁気記録媒体の性能について説明する。ここでは、基板21がガラスからなり、下地層22が、基板21上に設けられたアモルファスシード層上に、BCC構造を有すると共に基板面に(002)面が平行に配向しているCrMo合金等からなる下地層が形成された多層膜で構成されているものとする。又、第1及び第3の磁性層23、27は同じ組成のCoCrPtBからなり、第2の磁性層25はCrCrからなり、第1及び第2の非磁性層24、26はRuからなるものとする。下地層22を構成するアモルファスシード層の膜厚は25nm、CoMo合金の下地層の膜厚は10nmであり、第1及び第2の非磁性層24、26の膜厚は夫々0.8nmであるものとする。更に、第1、第2及び第3の磁性層23、25、27の膜厚は、夫々12nm、2nm、12nmであり、保護層28の膜厚は5nmであるものとする。この磁気記録媒体は、面内に良い磁気配向性を示すことが確認された。

【0048】この磁気記録媒体において観察されたヒステリシスループは、図6と同様であり、保磁力 H_c は約3900Oe、交換結合磁界 H_{sw} は約8000Oeであった。又、この磁気記録媒体の残留面積磁化は約0.32Memu/cm²であった。この磁気記録媒体をMED1とする。

【0049】比較のために、第1及び第2の非磁性層24、26と第2の磁性層25を省略し、残留面積磁化と保磁力 H_c を上記磁気記録媒体MED1に揃えた磁気記録媒体MED2も用意した。残留保磁力の調整は第1及

び第3のCoCrPtB磁性層23, 27の膜厚によって行い、保磁力 H_c の調整は下地層22を構成するCoCrMo下地層の膜厚とアモルファスシード層形成後の加熱条件の調整によって行った。

【0050】表1は、磁気記録媒体MED1及び磁気記録媒体MED2の特性を示す。表1中、SNRは媒体SNRを示し、分解能は320KFCIにおける孤立波高比を示す。表1より明らかなように、磁気記録媒体MED1においてもNLTSが劣化することないことが確認された。又、分解能はむしろ磁気記録媒体MED1の方が改善されることも確認された。これは、高記録密度領域では、磁気記録媒体MED2では、熱ゆらぎにより信号が減衰しやすいことにも起因していると考えられる。

記録媒体	SNR	NLTS	分解能	$K_u V / k T$
MED1	23dB	12%	52%	70
MED2	21dB	11%	49%	50

次に、本発明になる磁気記録媒体の第2実施例を、図8と共に説明する。図8は、磁気記録媒体の第2実施例の要部を示す断面図である。同図中、図5と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0052】図8に示すように、本実施例の磁気記録媒体では、第2の磁性層25が、非磁性層31により分断された複数、且つ、奇数の磁性層25-1~25-N (Nは3以上の奇数) からなり、第2の磁性層25を構成する各磁性層25-1~25-Nの磁化は交互に反平行に結合している点に特徴がある。本実施例によっても、上記第1実施例と同様の効果を得ることができる。

【0053】次に、本発明になる磁気記憶装置の一実施例を、図9及び図10と共に説明する。図9は、磁気記憶装置の一実施例の要部を示す断面図であり、図10は、磁気記憶装置の一実施例の要部を示す平面図である。

【0054】図7及び図8に示すように、磁気記憶装置は大略ハウジング113からなる。ハウジング113内には、モータ114、ハブ115、複数の磁気記録媒体116、複数のライト・リードヘッド117、複数のサスペンション118、複数のアーム119及びアクチュエータユニット120が設けられている。磁気記録媒体116は、モータ114により回転されるハブ115に取り付けられている。ライト・リードヘッド117は、インダクティブヘッド等のライトヘッドと、MRヘッドやGMRヘッド等のリードヘッドとからなる。各ライト・リードヘッド117は、対応するアーム119の先端にサスペンション118を介して取り付けられている。アーム119は、アクチュエータユニット120により駆動される。この磁気記憶装置の基本構成自体は周知であり、その詳細な説明は本明細書では省略する。

【0055】磁気記憶装置の本実施例は、磁気記録媒体116に特徴がある。各磁気記録媒体116は、図5又

動的保磁力 H_c' の計測によって得られる熱安定性の指標を表す $K_u V / k T$ 値は、磁気記録媒体MED1の場合、熱安定性に十分な70という高い値を示すことが確認された。ここで、 K_u は磁気異方性の定数、 V は磁性粒子の平均体積、 k はボルツマン定数、 T は温度を示す。他方、磁気記録媒体MED2の場合には、 $K_u V / k T$ 値は50と低く、実用域で使うには低めの値となってしまうことも確認された。更に、媒体ノイズが、磁気記録媒体MED1の場合には磁気記録媒体MED2より2割程度低減され、sNRが2dB程度改善されることも確認された。

【0051】

【表1】

は図8と共に説明した、上記磁気記録媒体の第1実施例又は第2実施例の構造を有する。勿論、磁気記録媒体116の数は3枚に限定されず、1枚でも、2枚又は4枚以上であっても良い。

【0056】磁気記憶装置の基本構成は、図9及び図10に示すものに限定されるものではない。又、本発明になる磁気記憶装置で用いる磁気記録媒体は、磁気ディスクに限定されず、磁気テープや磁気カード等の各種磁気記録媒体を用いることができることは言うまでもない。

【0057】尚、本発明は、以下に付記する発明をも包含するものである。

【0058】(付記1) 飽和磁化 M_s1 及び膜厚 $t1$ を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 $t2$ を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 $t3$ を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $M_s2 \times t2 < (M_s1 \times t1 + M_s3 \times t3)$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録媒体。

【0059】(付記2) 飽和磁化 M_s1 及び膜厚 $t1$ を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 $t2$ を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 $t3$ を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $|M_s1 \times t1 - M_s3 \times t3| / (M_s1 \times t1 + M_s3 \times t3) / 2 < 0.3$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録

媒体。

【0060】（付記3） 保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $H_c2 < H_c1$ 、且つ、 $H_c2 < H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録媒体。

【0061】（付記4） 保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $|H_c1 - H_c3| / (H_c1 + H_c3) / 2 < 0.3$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記録媒体。

【0062】（付記5） 前記第1、第2及び第3の磁性層は、Co、Ni、Fe、Ni合金、Fe合金及びCoCrTa、CoCrPt、CoCrPt-Mを含むCo合金からなるグループから選択された材料からなり、M=B、Mo、Nb、Ta、W、Cu、C又はこれらの合金であることを特徴とする、付記1～4のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0063】（付記6） 前記第1及び第2の非磁性層は、Ru、Rh、Ir、Ru合金、Rh合金及びIr合金からなるグループから選択された材料からなることを特徴とする、付記1～5のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0064】（付記7） 前記第1及び第2の非磁性層は、0.4nm～2.0nmの膜厚を有することを特徴とする、付記1～6のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0065】（付記8） $t_2 < t_1$ 、且つ、 $t_2 < t_3$ なる関係が成立することを特徴とする、付記1～7のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0066】（付記9） 前記第2の磁性層が、非磁性層により分断された複数、且つ、奇数の磁性層からなり、該第2の磁性層を構成する各磁性層の磁化は交互に反平行に結合していることを特徴とする、付記1～8のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0067】（付記10） 前記第1の磁性層の保磁力を H_c1 、前記第3の磁性層の保磁力を H_c3 、前記第2の磁性層が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2}| > H_c1$ 、且つ、 $|H_{ex2}| > H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする、付記1～9のいづ

れか1項記載の磁気記録媒体。

【0068】（付記11） 前記第1の磁性層の保磁力を H_c1 、前記第2の磁性層の保磁力を H_c2 、前記第3の磁性層の保磁力を H_c3 、前記第2の磁性層が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2} - H_c2| > H_c1$ 、且つ、 $|H_{ex2} - H_c2| > H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする、付記1～9のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0069】（付記12） 前記第1の磁性層の動的保磁力を H_c1' 、前記第3の磁性層の動的保磁力を H_c3' 、前記第2の磁性層が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2}| > H_c1'$ 、且つ、 $|H_{ex2}| > H_c3'$ なる関係が成立し、動的保磁力とは、前記磁気記録媒体に対して情報を書き込むヘッドの書き込み周波数における交流磁界を印加した場合に観察される保磁力を示すことを特徴とする、付記1～9のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0070】（付記13） 前記第1の磁性層の動的保磁力を H_c1' 、前記第2の磁性層の動的保磁力を H_c2' 、前記第3の磁性層の動的保磁力を H_c3' 、前記第2の磁性層が受ける交換磁界強度を H_{ex2} とすると、 $|H_{ex2} - H_c2'| > H_c1'$ 、且つ、 $|H_{ex2} - H_c2'| > H_c3'$ なる関係が成立し、動的保磁力とは、前記磁気記録媒体に対して情報を書き込むヘッドの書き込み周波数における交流磁界を印加した場合に観察される保磁力を示すことを特徴とする、付記1～9のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0071】（付記14） 前記第1の磁性層の下方に設けられた基板を更に備え、該第1の磁性層及び前記第3の磁性層の磁化容易軸が該基板と平行な面内にあることを特徴とする、付記1～13のいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【0072】（付記15） 前記基板と前記第1の磁性層との間に設けられた、1又は複数の下地層を更に備えたことを特徴とする、付記14記載の磁気記録媒体。

【0073】（付記16） 1又は複数の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備え、該磁気記録媒体は、飽和磁化 M_s1 及び膜厚 t_1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 t_2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 t_3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $M_s2 \times t_2 < (M_s1 \times t_1 + M_s3 \times t_3)$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記憶装置。

【0074】（付記17） 1又は複数の磁気記録媒体

と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備え、該磁気記録媒体は、飽和磁化 M_s1 及び膜厚 t_1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s2 及び膜厚 t_2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、飽和磁化 M_s3 及び膜厚 t_3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、

$$|M_s1 \times t_1 - M_s3 \times t_3| / (M_s1 \times t_1 + M_s3 \times t_3) / 2 < 0.$$

3なる関係が成立することを特徴とする、磁気記憶装置。

【0075】（付記18） 1又は複数の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備え、該磁気記録媒体は、保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $H_c2 < H_c1$ 、且つ、 $H_c2 < H_c3$ なる関係が成立することを特徴とする、磁気記憶装置。

【0076】（付記19） 1又は複数の磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に対して情報の書き込み及び／又は読み出しを行なう記録再生手段とを備え、該磁気記録媒体は、保磁力 H_c1 を有する第1の磁性層と、該第1の磁性層上に設けられた第1の非磁性層と、該第1の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c2 を有する第2の磁性層と、該第2の磁性層上に設けられた第2の非磁性層と、該第2の非磁性層上に設けられ、保磁力 H_c3 を有する第3の磁性層とを備え、外部磁界が印加されていない状態で、該第1、第2及び第3の磁性層の磁化が交互に反平行に結合しており、 $|H_c1 - H_c3| / (H_c1 + H_c3) / 2 < 0$ 、3なる関係が成立することを特徴とする、磁気記憶装置。

【0077】以上、本発明を実施例により説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、種々の変形及び改良が可能であることは、言うまでもない。

【0078】

【発明の効果】本発明によれば、分解能やNLTSを劣化させることなく熱安定性の改善を行なうことが可能な、交換結合を採用する磁気記録媒体及び磁気記憶装置を実現することができる。媒体ノイズは、従来の磁気記録媒体に比べて効果的に低減できるために、100Gb/in²を超えるような高密度の磁気記録に供する磁気記録媒体として好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】提案されている媒体技術を採用した磁気記録媒体の構造を示す図である。

【図2】図1に示す磁気記録媒体におけるヒステリシスループを示す図である。

【図3】図1に示す磁気記録媒体にビットが記録される状況を概念的に説明する図である。

【図4】図1に示す磁気記録媒体にビットが記録される状況を概念的に説明する図である。

【図5】本発明になる磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図である。

【図6】磁気記録媒体の第1実施例におけるヒステリシスループを示す図である。

【図7】第2の磁性層に保磁力がある程度大きな材料を用いた場合のヒステリシスループを示す図である。

【図8】本発明になる磁気記録媒体の第2実施例の要部を示す断面図である。

【図9】本発明になる磁気記憶装置の一実施例の要部を示す断面図である。

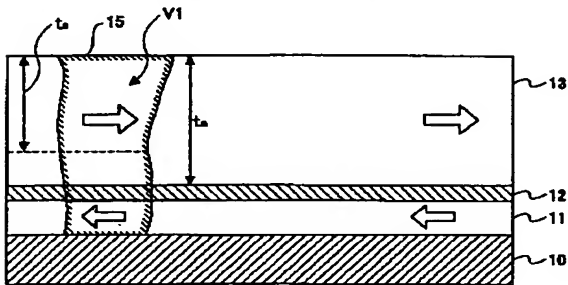
【図10】磁気記憶装置の一実施例の要部を示す平面図である。

【符号の説明】

23	第1の磁性層	
24	第1の非磁性層	
25, 25-1 ~ 25-N	第2の磁性層	
26	第2の非磁性層	
27	第3の磁性層	
31	非磁性層	
116	磁気記録媒体	
117	ライト・リードヘッド	

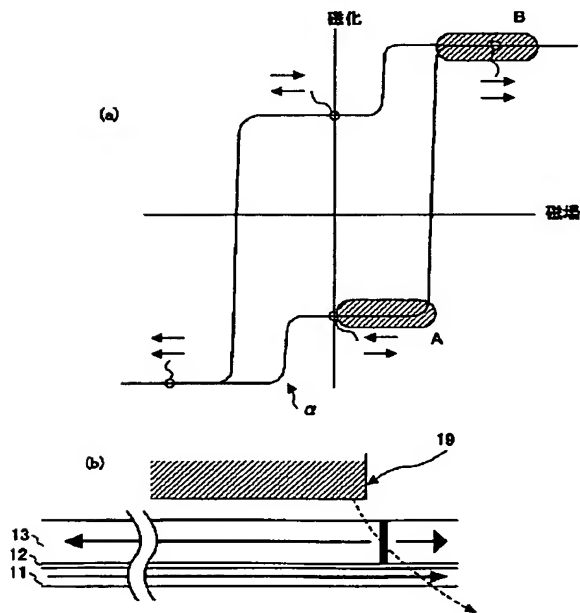
【図1】

提案されている媒体技術を採用した磁気記録媒体の構造を示す図



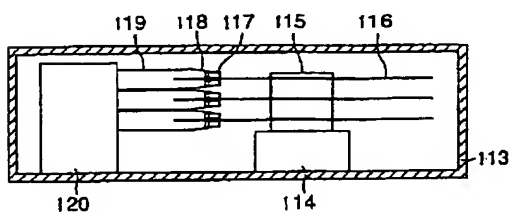
【図3】

図1に示す磁気記録媒体にビットが記録される状況を概念的に説明する図



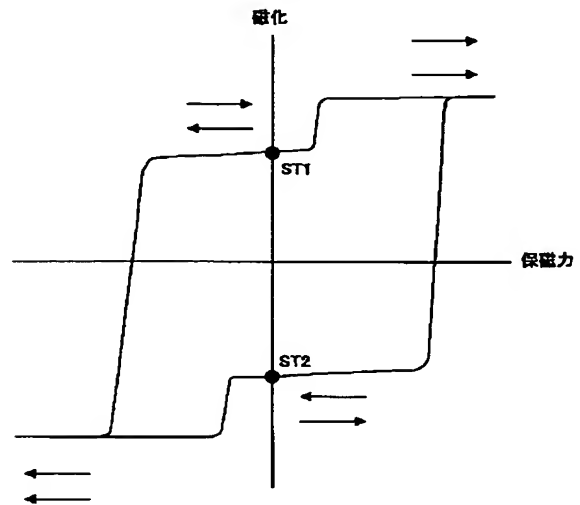
【図9】

本発明になる磁気記憶装置の一実施例の要部を示す断面図



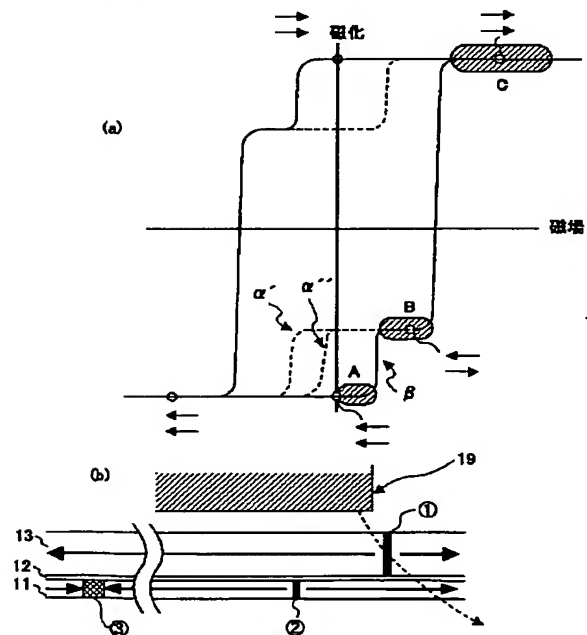
【図2】

図1に示す磁気記録媒体におけるヒステリシスループを示す図



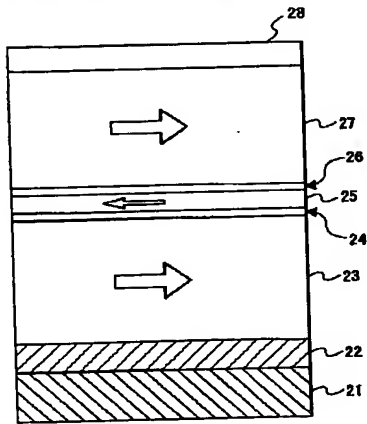
【図4】

図1に示す磁気記録媒体にビットが記録される状況を概念的に説明する図



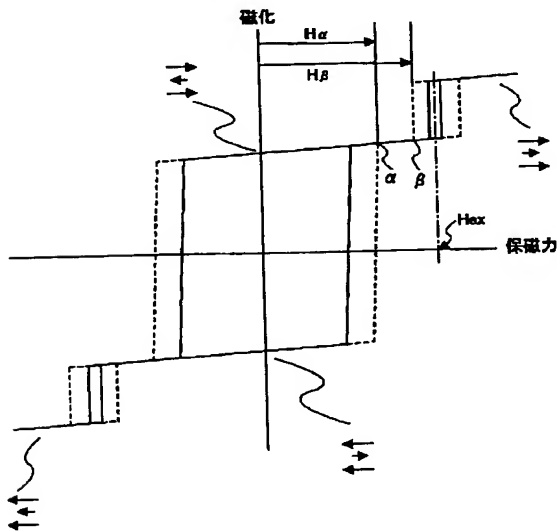
【図5】

本発明になる磁気記録媒体の第1実施例の要部を示す断面図



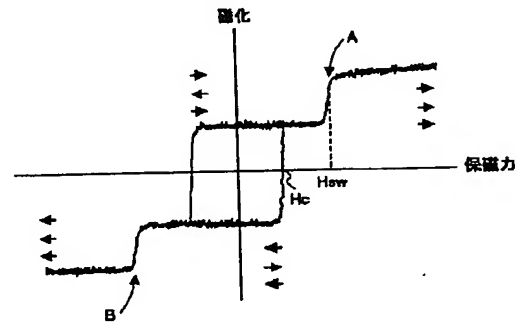
【図7】

第2の磁性層に保磁力がある程度大きな材料を用いた場合のヒステリシスループを示す図



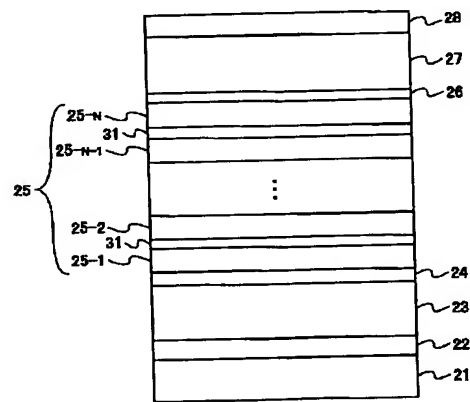
【図6】

磁気記録媒体の第1実施例におけるヒステリシスループを示す図



【図8】

本発明になる磁気記録媒体の第2実施例の要部を示す断面図



【図10】

磁気記憶装置の一実施例の要部を示す平面図

